

## INSTRUMENT FOR AUTOMATICALLY SURVEYING LINEARITY OF ROAD

Patent Number: JP10267650

Publication date: 1998-10-09

Inventor(s): SHIMOGAKI YUTAKA

Applicant(s): ASIA KOSOKU KK

Requested Patent:  JP10267650

Application Number: JP19970075898 19970327

Priority Number(s):

IPC Classification: G01C7/04; G01C21/00; G01S5/02; G01S5/14

EC Classification:

Equivalents:

### Abstract

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an instrument for automatically surveying linearity of road which can automatically acquire the curvature of the running road of its own vehicle in any environment.

**SOLUTION:** A composite inertia surveying section 3 successively estimates the errors of the acceleration, angular velocity, attitude angle, inertial position, and inertial speed of a moving vehicle 7 based on the positional data of the vehicle 7 which are obtained from GPS signals and GPS correction signals on such a road that the section 3 can receive radio waves from GPS satellites and a GPS base station 10. On such a road that the section 3 is not able to receive the radio waves from the GPS satellites and GPS base station 10, the section 3 estimates the errors based on the running speed of the vehicle 7 from the speedometer 5 of the vehicle 7. Then a data processing section finds the curvature and longitudinal and transversal gradients of the road based on the position, azimuth angle, and attitude angle of the vehicle from the section 3 and displays or stores the found data.

Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-267650

(43) 公開日 平成10年(1998)10月 9 日

(51) Int.Cl.®  
G 0 1 C 7/04  
21/00  
G 0 1 S 5/02  
5/14

### 識別記号

F I  
G 0 1 C 7/04  
21/00  
G 0 1 S 5/02  
5/14

DA

審査請求 未請求 請求項の数 5 OL (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-75898

(22)出願日 平成9年(1997)3月27日

(71) 出願人 591074161

アジア航測株式会社

東京都新宿区新宿4丁目2番18号 新宿光風ビル

(72)発明者 下垣 豊

東京都新宿区新宿4-2-18新宿光風ビル  
アジア航測株式会社内

(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外8名)

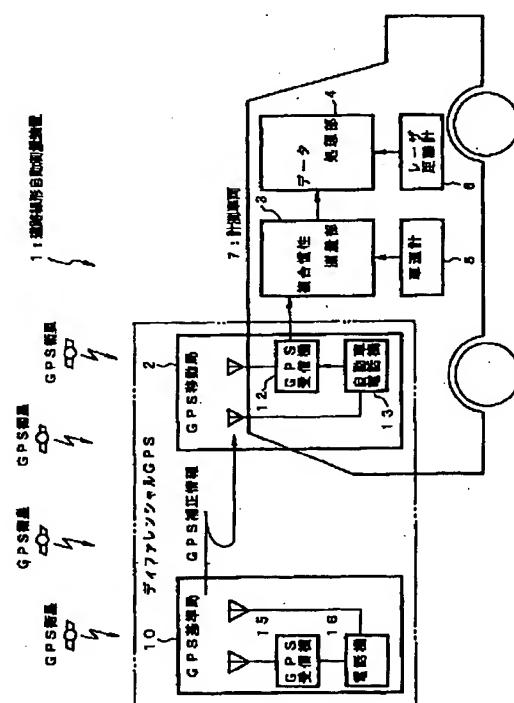
(54) 【発明の名称】 道路線形自動測量装置

(57) 【要約】

【課題】 いかなる環境下であっても、自車両の位置及び走行している道路の曲率を自動的に得ることができる道路線形自動測量装置を得る。

【解決手段】 複合慣性測量部3がGPS衛星及びGPS基準局10からの電波を受信できる道路では、GPS信号及びGPS補正信号に基づく移動車両7の位置データに基づいて加速度の誤差、角速度の誤差、姿勢角の誤差、慣性位置の誤差、慣性速度の誤差を逐次推定し、また、GPS衛星及びGPS基準局10からの電波を受信できない道路では車速計5からの速度に基づいて各誤差を推定する。そして、データ処理部が複合慣性測量部3からの位置、方位角、姿勢角に基づいて道路の曲率半径、縦横勾配を求めて表示又は蓄積する。

10



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 移動車両上において、少なくとも出発点からの前記移動車両の現在の慣性位置、方位角を逐次求めて送出する慣性測量部を有する道路線形自動測量装置において、前記慣性測量部からの慣性位置及び方位角を逐次入力し、この慣性位置と方位角とが所定数記憶される毎に、これらの慣性位置及び方位角に基づいて前記移動車両が走行している道路の曲率半径を逐次求めて知らせる曲率半径計算手段を備えたデータ処理部とを有することを特徴とする道路線形自動測量装置。

【請求項 2】 前記慣性測量部は、直交 3 軸の複数の加速度計からの加速度を積分して前記出発点からの慣性速度及び慣性位置を求めると共に、前記直交 3 軸の複数のジャイロからの角速度を積分して前記方位角と姿勢角とを求めるストラップダウン型 INS を生成していることを特徴とする請求項 1 記載の道路線形自動測量装置。

【請求項 3】 前記データ処理部は、前記移動車両の各車輪付近の筐体に取り付けられた複数のレーザ距離計に電気的に接続され、

前記複数のレーザ距離計からの前記道路と前記移動車両との間の距離に基づいて前記移動車両の前後左右の傾斜角度を求める車両傾斜計算手段と、

前記車両傾斜計算手段からの傾斜角度と前記慣性測量部からの前記方位角及び姿勢角を入力し、前記傾斜角度と前記姿勢角とから前記道路の縦断及び横断勾配を求めて知らせる勾配計算手段とを有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の道路線形自動測量装置。

【請求項 4】 前記慣性測量部は、GPS 衛星からの GPS 信号と GPS 基準局からの GPS 補正情報を同時に受信して前記移動車両の位置を求める GPS 移動局と、前記移動車両の車速を検出する車速計と共に電気的に接続され、

前記慣性位置及び慣性速度並びに前記 GPS 移動局からの位置又は前記車速計からの速度を逐次入力して前記加速度の誤差、角速度の誤差、姿勢角の誤差、慣性位置の誤差、慣性速度の誤差を逐次推定し、この推定した各誤差に基づいて前記加速度、角速度、姿勢角、慣性位置、慣性速度を逐次補正するハイブリット慣性測量航法を生成していることを特徴とする請求項 1、2 又は 3 記載の道路線形自動測量装置。

【請求項 5】 前記データ処理部は、前記慣性位置及び縦横勾配並びに曲率半径を、それぞれ対応させて記憶することを特徴とする請求項 1、2、3 又は 4 記載の道路線形自動測量装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、道路又は線路の勾配（縦、横）及び道路又は線路の曲率半径等（総称して道路状況という）を、いかなる環境下においても移動車

両を走行させながらリアルタイムで正確に得る道路線形自動測量装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、既存の道路の位置、傾斜、曲率を計測するには、水平、鉛直角等を測る経緯儀又は距離を測る光波測距儀等の測量器械を用いたトラバース測量、水準測量が実施されている。

【0003】一方、近年においては、GPS 基準局と、移動局とが GPS 電波を同時に受信し、移動局が GPS 基準局からの電波を受けて緯度、経度等の誤差を相殺することにより測位精度を向上させるディファレンシャル GPS 技術が普及している。

【0004】このようなディファレンシャル GPS 技術を用いて、移動する車両の 3 次元位置を計測し、道路の縦断勾配を計算する方法等が研究されている。

【0005】この方法は、正確に位置が分かっている基準点の GPS 基準局において、最低 4 個の GPS 衛星からの GPS 信号を観測受信して位置（緯度、経度、高さ）及び時刻等を計測し、この計測結果を移動局が受信する。

【0006】また、移動局が GPS 衛星から GPS 信号を受信して得た位置と、GPS 基準局からの計測結果とを比較することによって、GPS 衛星からの電波に含まれる SA (selective availability)、衛星系、伝搬系等による誤差成分を除去して正確な位置を求める。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のトラバース測量や水準測量等は、測定場所に器械を持ち運び、角度と距離を次々に計測する必要があるため、多大な労力と時間がかかるという問題点があった。

【0008】また、交通量の多い道路に多くの器械をもって行って計測を行わなければならないので、事故や渋滞を引き起こす可能性を高めるという問題点があった。

【0009】さらに、ディファレンシャル GPS 測量は、位置、勾配、曲率の計測精度が低く、ばらつきも大きいという問題点があった。

【0010】さらに、都市部のビル街やトンネル内では GPS 電波を受信できないため計測不能になる場合もあるという問題点があった。

【0011】本発明は、以上の問題点を解決するためになされたもので、いかなる環境下であっても、自車両の位置及び走行している道路の曲率を自動的に得ることができる道路線形自動測量装置を得ることを目的とする。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】請求項 1 は、移動車両上において、少なくとも出発点からの移動車両の現在の慣性位置、方位角を逐次求めて送出する慣性測量部を有する道路線形自動測量装置において、慣性測量部からの慣性位置及び方位角を逐次入力し、この慣性位置と方位角

とが所定数記憶される毎に、これらの慣性位置及び方位角に基づいて移動車両が走行している道路の曲率半径を逐次求めて知らせる曲率半径計算手段を備えたデータ処理部とを有することを要旨とする。

【0013】請求項1においては、慣性測量部とデータ処理部とを電気的に接続して移動車両に搭載して道路を走行させると、走行中の慣性位置及び方位角が求められてデータ処理部に送出される。そして、データ処理部は、今回の慣性位置及び方位角と前回の慣性位置及び方位角度とから道路の曲率半径を逐次求めて知らせる。

【0014】このため、トラバース測量のように、測定場所に器械を持ち運ばなくとも、移動車両を走行させただけで、曲がっている道路の曲率半径を自動的に得ることが可能となる。特に、カーナビゲーション用道路データベースや交通事故分析用データベースを効率的に作成することに効果を發揮する。

【0015】請求項2は、慣性測量部は、直交3軸の複数の加速度計からの加速度を積分して出発点からの慣性速度及び慣性位置を求めると共に、直交3軸の複数のジャイロからの角速度を積分して方位角と姿勢角とを求めるストラップダウン型INSを生成していることを要旨とする。

【0016】請求項2においては、慣性測量部をストラップダウン型INSにしているため、3軸のジャイロの角速度から移動車両の姿勢角及び方位角が検出されると共に、加速度が東西、南北、鉛直方向の成分に分けられて積分されて慣性速度、慣性位置が求められる。すなわち、GPS衛星からの電波を受信できないトンネル、都市部を走行していても移動車両の姿勢角、方位角、慣性位置、慣性速度が得られてデータ処理部に送出される。

【0017】このため、トンネル、高層建築物が多い都市部等を走行していても道路の曲率半径を自動的に得られる。

【0018】請求項3は、データ処理部は、移動車両の各車輪付近の筐体に取り付けられた複数のレーザ距離計に電気的に接続され、複数のレーザ距離計からの道路と移動車両との間の距離に基づいて移動車両の前後左右の傾斜角度を求める車両傾斜計算手段と、車両傾斜計算手段からの傾斜角度と慣性測量部からの方位角及び姿勢角を入力し、傾斜角度と姿勢角とから道路の縦断勾配を求めると共に、横断勾配を求めて知らせる勾配計算手段とを備えたことを要旨とする。

【0019】請求項3においては、データ処理部は各車輪付近の筐体に取り付けられているレーザ距離計からの道路と車体の間の各距離から移動車両の前後左右の傾斜を求め、この傾斜と慣性測量部からのピッチから道路の縦断勾配を求め、かつロール角から道路の横断勾配を求めて知らせる。また、慣性位置と方位角とから道路の曲率半径を求めて知らせる。

【0020】このため、トンネル、高層建築物が多い都

市部等を走行していても道路の曲率半径、道路の縦横の勾配を自動的に知ることが可能となる。

【0021】請求項4は、慣性測量部は、GPS衛星からのGPS信号とGPS基準局からのGPS補正情報を同時に受信して移動車両の位置を求めるのGPS移動局と、移動車両の車速を検出する車速計とに電気的に接続され、慣性位置及び慣性速度並びにGPS移動局からの位置又は車速計からの速度を逐次入力して加速度の誤差、角速度の誤差、姿勢角の誤差、慣性位置の誤差、慣性速度の誤差を逐次推定し、この推定した各誤差に基づいて加速度、角速度、姿勢角、慣性位置、慣性速度を逐次補正するハイブリット慣性測量航法を生成していることを要旨とする。

【0022】請求項4においては、ストラップダウンINSの欠点を解決している。ストラップダウンINSは、時間の経過に伴って加速度、角速度の誤差が増大する傾向にあるが、ハイブリット慣性測量航法にしたことにより、GPS衛星及びGPS基準局からの電波を受信できる道路では、GPS信号及びGPS補正信号に基づく移動車両の位置データに基づいて加速度の誤差、角速度の誤差、姿勢角の誤差、慣性位置の誤差、慣性速度の誤差を逐次推定し、この推定した各誤差に基づいて加速度、角速度、姿勢角、慣性位置、慣性速度を逐次補正する。

【0023】また、GPS衛星及びGPS基準局からの電波を受信できない道路（トンネル、高層ビルが多い都市部等を走行している場合は、車速計からの速度に基づいて加速度の誤差、角速度の誤差、姿勢角の誤差、慣性位置の誤差、慣性速度の誤差を逐次推定し、この推定した各誤差に基づいて加速度、角速度、姿勢角、慣性位置、慣性速度を逐次補正する。

【0024】このため、どのような環境下においても、正確な道路の曲率半径及び正確な縦横断勾配をリアルタイムで得ることが可能となる。

【0025】請求項5は、データ処理部は、慣性位置及び縦横断勾配並びに曲率半径を、それぞれ対応させて記憶することを要旨とする。

【0026】請求項5においては、移動車両の慣性位置及び縦横断勾配並びに曲率半径が対応させて記憶されている。このため、後日、これらの情報を集めて行くと、曲がり具合及び勾配に応じた道路の平面線形形状が得られることになる。

【0027】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施の形態の概略構成図である。図1の道路線形自動測量装置1は、GPS移動局2と、複合慣性測量部3と、データ処理部4と、車速計5と、レーザ距離計6とから構成されて計測車両7に搭載され、GPS衛星からの電波を受信できない環境下の場所であっても計測車両7の正確な位置、姿勢、道路の曲率を求めるものである。

【0028】GPS移動局2は、GPS衛星からのGPS信号と、遠隔地点に設けられているGPS基準局10からのGPS信号（GPS補正情報）とを受信し、両方の信号を照合して正確な自局の位置を求める。

【0029】すなわち、GPS移動局2とGPS基準局10とでディファレンシャルGPSシステムを構成している。

【0030】前述のGPS移動局2は、GPS基準局10からGPS補正情報を、自動車電話網を介して受信する自動車電話機13と、GPS衛星からのGPS信号を受信すると共に自動車電話機13が受信したGPS補正情報を入力し、正確な計測車両7の位置を求めるGPS受信機12とを備えている。

【0031】また、GPS基準局10は、GPS衛星からのGPS信号を受信し、このGPS信号を解析し、自局における受信時刻、自局の位置等をGPS補正情報として求めるGPS受信機15と、GPS受信機15で得られたGPS補正情報を自動車電話網を介して送信する電話機16とを備えている。

【0032】複合慣性測量部3は、GPS移動局2が求めた計測車両7の位置データ（X、Y、Z）と、測量車両7の車速計5から速度信号とを入力し、これらの信号を用いて、所定の座標系に対する計測車両7の相対位置（慣性位置ともいう）及び相対速度と、姿勢角と、方位角とを求めて出力する。この方位角とは地球座標系の北軸に対する角度を示し、また姿勢角とは水平軸に対する角度を示す。さらに、姿勢角と方位角とを総称して姿勢方位角ともいう。

【0033】データ処理部4は、計測車両7の各車輪附近に配置された4つのレーザ距離計6により、計測車両7の車体と路面との距離を逐次計測し、複合慣性測量部3からの相対位置、姿勢角、方位角等から道路の縦横断勾配、曲率半径を算出して表示又は記憶する。

【0034】<各装置の構成>図2は複合慣性測量部及びデータ処理部の概略構成図である。図2に示すように複合慣性測量部3は、慣性航法部20とカルマンフィルタ21とから構成されている。

【0035】慣性航法部20は、加速度計22と、加速度データ処理手段23と、加速度座標変換手段24と、航法計測手段25と、ジャイロ27と、角速度データ処理手段28と、姿勢計算手段29とを備えている。

【0036】<複合慣性測量部の各手段の詳細説明>カルマンフィルタ21は、後述する航法計算手段25からの慣性位置及び慣性速度と、GPS移動局2からの計測車両7の位置と、車速計5からの速度とを入力する。そして、ジャイロ27の誤差、加速度誤差、姿勢誤差、位置誤差、速度誤差等を推定する。

【0037】前述のジャイロ27の誤差は角速度データ手段28に、加速度誤差は加速度データ処理手段23に、姿勢誤差は姿勢計算手段29に、位置誤差及び速度

誤差は航法計算手段25に、それぞれ出力する。

【0038】加速度データ処理手段23は、直交3軸に沿って設けられた3ヶの加速度計22からの加速度を、カルマンフィルタ21からの加速度誤差に基づいて補正する。

【0039】加速度座標変換手段24は、方位角、姿勢角を入力し、この方位姿勢角に基づいて、加速度データ処理手段23からの加速度を積分して東西、南北、上下方向の軸の座標系に変換して移動距離を求める。

10 【0040】航法計算手段25は、加速度座標変換手段24からの移動距離と、カルマンフィルタ21からの位置誤差及び速度誤差とを入力し、これらの情報に基づいて所定の座標系上における計測車両7の相対位置（慣性位置）及び相対速度（慣性速度）を求める。

【0041】角速度データ処理手段28は、直交3軸に沿って設けられた3ヶのジャイロ27からの地球座標に対する計測車両7の角速度と、カルマンフィルタ21からのジャイロの誤差とを入力し、ジャイロ27からの角速度をジャイロの誤差に基づいて補正する。

20 【0042】姿勢計算手段29は、角速度データ処理手段28からの角速度と、カルマンフィルタ21からの現在の姿勢誤差とを入力し、これらの情報に基づいて地球座標における自車両の正確な姿勢角及び方位角を求めてデータ処理部4に送出する。

【0043】すなわち、複合慣性測量部3は、加速度計22からの加速度を積分して計測車両7の現在位置及び速度を求めると共に、ジャイロ27からの角速度を積分して計測車両7の姿勢角、方位角を求め、かつ慣性誤差の増大を抑制するために、カルマンフィルタ21を用いて各誤差を補正するハイブリット航法を実現している。

【0044】<データ処理部の構成>データ処理部4は図2に示すように、曲率半径計算手段30と、表示器31と、記録手段32と、車両傾斜計算手段33と、勾配計算手段34とを備えている。

【0045】曲率半径計算手段30は、複合慣性測量部3からの現在の相対位置を入力する。そして、今回の相対位置と前回の相対位置とから両方の相対位置を通る軌跡の曲率半径を求めて表示器31又は記録手段32に記録する。

40 【0046】車両傾斜計算手段33は、各車輪の近傍に設けられた4ヶのレーザ距離計6からの道路と車体との距離値をそれぞれ入力し、これらの距離値に基づいて計測車両の前後左右の傾斜を求める。

【0047】勾配計算手段34は、複合慣性測量部3からの姿勢角と車両傾斜計算手段33からの計測車両7の前後左右の傾斜とを入力し、これらの情報に基づいて道路の勾配（縦横）を3次元的に求めて表示器31に表示又は記録手段32に記録する。

50 【0048】<動作説明>上記のように構成された道路線形自動測量装置の動作を以下に説明する。GPS移動

局2、車速計5、複合慣性測量部3、レーザ距離計6、データ処理部4等からなる道路線形自動測量装置1を搭載した計測車両7が道路を走行すると、以下に説明するデータを自動的に得る。

【0049】計測車両7側のオペレータは、GPS移動局2の自動車電話機13を用いてGPS基準局10からGPS補正情報を送信させる。GPS基準局10の電話機16は、GPS補正情報の転送要求に伴ってGPS受信機15からの基準局位置をGPS補正情報として移動電話網を介して逐次送信する。

【0050】計測車両7に搭載されているGPS移動局2のGPS受信機12は、自動車電話機13が受信したGPS補正情報とGPS衛星からのGPS信号とから計測車両7の正確な位置を求めて複合慣性測量部3に送出する。

【0051】すなわち、GPS移動局2とGPS基準局10とでデファレンシャルGPSシステムを構成して正確な位置を求めている。

【0052】次に、複合慣性測量部3は、車体に直接取り付けられた3軸の加速度計22からの加速度を用いて、所定の座標系における出発点からの移動距離に基づく現在の相対位置と、現在の相対速度とを求めると共に、ジャイロ（リングレーザジャイロ）からの角速度を用いて計測車両7の地球座標に対する姿勢角、方位角を求めて送出する。

【0053】一方、複合慣性測量部3のカルマンフィルタ21は、相対位置である慣性位置及び相対速度である慣性速度を入力すると共に、GPS移動局2からの計測車両7の位置と車速計5からの車速とを入力してジャイロ27の誤差、加速度誤差、姿勢誤差、位置誤差、速度誤差等を推定する。

【0054】このようにカルマンフィルタ21を用いて誤差を推定するのは、姿勢角、方位角、慣性速度及び慣性位置は、慣性センサであるジャイロ及び加速度計の信号を積分して得ている。

【0055】つまり、複合慣性測量部3は、前述の加速度計22と、加速度データ処理手段23と、加速度座標

変換手段24と、航法計測手段25と、ジャイロ27と、角速度データ処理手段28と、姿勢計算手段29とを用いてストラップダウンINSを構成して、移動体である計測車両の姿勢を求めると共に、加速度を東西、南北及び鉛直方向の成分に分け、積分して速度や距離等を得る。

【0056】従って、電磁波や天候の影響を全く受け付けないので、GPS衛星からの電波を受信できない高層ビルが多い都市部、険しい山岳部、橋梁や隣接する多い場所においても正確な位置と速度とを得ることができ

る。

【0057】ところが、慣性センサの誤差も同時に積分

されるので、時間の経過に伴って誤差が増加していく。

【0058】例えば、ジャイロの誤差は、わずかである

が姿勢方位基準を傾かせることになり、この基準座標で変換された水平加速度には傾きに比例した重力加速度成分が検出され、加速度誤差及び位置誤差を生じる。

【0059】また、車速計5からの車速及びGPS移動局2からの位置というのは、時間の経過に伴って誤差は増加しない。この車速計7は車輪の回転数を検出するものであり、車輪の円周長さを乗算すると走行距離が分かる。

【0060】そこで、車速計5の速度と、INSの慣性速度とから速度誤差を求めると共に、GPS移動局2とGPS基準局10とでデファレンシャルGPSシステムを構成して得た正確な計測車両7の位置と、慣性位置とから位置誤差を推定するハイブリット慣性測量航法を生成する。

【0061】また、本カルマンフィルタ21は、ジャイロのジャイロ誤差及び加速度計の誤差を求めて送出している。

【0062】例えば、前述の車速計の速度とINSの慣性速度とによる速度誤差の推定は以下に説明する方程式に基づいている。

【0063】

【表1】

この場合のカルマンフィルタ方程式は  
 状態方程式 :  $x_{k+1} = F_k x_k + u_k$   
 観測方程式 :  $z_k = H x_k + v_k$   
 で示される。ただし、

$x$  : 誤差状態ベクトル  
 $\{\delta\omega$  緯度誤差 (GPS)  
 $\delta\lambda$  経度誤差 (GPS)  
 $\delta\phi'$  南北速度誤差 (GPS)  
 $\delta\lambda'$  東西速度誤差 (GPS)

$\epsilon_E$  車輪周りの姿勢誤差。  
 $\epsilon_N$  北軸周りの姿勢誤差。  
 $\epsilon_U$  鉛直軸周りの姿勢誤差。  
 $\delta h$  高さ誤差。  
 $\delta h'$  上下速度誤差。  
 $\delta \omega_{ba}$  車速計方位照準誤差。  
 $\delta \omega_{sf}$  車速計スケールファクタ誤差。  
 $\delta \omega_{bp}$  車速計ピッチ照準誤差。  
 $\delta a_E$  東加速度計バイアス誤差。  
 $\delta a_N$  北加速度計バイアス誤差。  
 $\delta a_U$  方位加速度計バイアス誤差。  
 $\delta g_E$  東ジャイロドリフト誤差。  
 $\delta g_N$  北ジャイロドリフト誤差。  
 $\delta g_U$  方位ジャイロドリフト誤差。}

$F$  : ダイナミクス行列  
 $u$  : システム雑音ベクトル  
 $z$  : 観測ベクトル  
 $H$  : 観測行列  
 $v$  : 観測雑音ベクトル

とし、 $x_k$ 、 $z_k$ はそれぞれ時刻  $t_k$  の誤差状態ベクトル、観測ベクトルを示す。  
 つまり、カルマンフィルタとは、観測ベクトル  $z_0, \dots, z_k$  が与えられた時点で  $x_k$  の最小分散推定値  $x_{k|k} = E\{x_k | z_0, \dots, z_k\}$ 、あるいは  
 $x_{k|k-1} = E\{x_k | z_0, \dots, z_{k-1}\}$  を求めるアルゴリズムである。

また、計測車両 7 を停止させたときの速度 ( $= 0$ ) と慣性速度とから速度誤差を求めて、誤差ベクトル  $X_k$  の推定値を求めている。

【0064】また、計測車両 7 を停止させた時の基準点位置座標と INS の慣性位置から位置誤差を求めて、誤差状態ベクトル  $X_k$  を求めている。

【0065】すなわち、複合慣性測量部 3 は、GPS 移動局 2 と車速計 5 とをカルマンフィルタ 21 を用いて、ストラップダウン INS とを結合することで、電磁波や天候の影響を受ける場所では、測位機能の補間のために車速計 5 からのデータで各誤差を推定して位置と速度を正確に求める。また、GPS 衛星及び GPS 基準局からの電波を受信できる場所では、GPS 移動局 2 からの位置データに基づいて各誤差を推定している。

【0066】従って、いかなる場所でも正確な自車両の位置と速度とをリアルタイムで得ることができる。

【0067】次に、データ処理部の動作を説明する。図 3 はデータ処理部の動作を説明するフローチャートである。

【0068】データ処理部 4 の曲率半径計算手段 30 は、複合慣性測量部 3 からの計測車両の現在の相対位置  $i$  と現在の方位角  $\psi_i$  を読む (S1)。この方位角  $\psi_i$  は地球座標系における北軸に対する角度である。

【0069】次に、前回の相対位置  $j$  と前回の方位角  $\psi_j$  とが記憶されているかどうかを判断する (S3)。

【0070】ステップ S3 において、前回の相対位置  $j$  及び前回の方位角  $\psi_j$  が記憶されていないと判定したときは、ステップ S1 で読み込んだ相対位置  $i$  と方位角  $\psi_j$  を前回の相対位置  $i$  及び方位角  $\psi_i$  として処理をステップ S1 に戻す (S5)。

【0071】また、ステップ S3 において、前回の相対位置  $j$  及び前回の方位角  $\psi_j$  とが記憶されていると判定した場合は、両方の位置間の距離  $L$  を求める (S7)。

【0072】そして、前述の方位角  $\psi_i$ 、 $\psi_j$  及び距離  $L$  を用いて計測車両 7 が両位置を走行したときの道路の曲率半径  $R$  を求める (S9)。この曲率半径  $R$  の算出は、以下に示す式によって求める。

## 【数1】

$$R = \frac{L}{2 \sin \frac{|\varphi_i - \varphi_j|}{2}}$$

ただし、

R : 求めたい曲率半径  
 $\varphi_i$  : 点iにおける方位角  
 $\varphi_j$  : 点jにおける方位角  
L : 点iと点jの距離

この数1は、図4に示すように、湾曲している道路を計測車両が走行している場合は、一般にこの道路に2点間の位置i、jを描き、2点間の位置i、jにおける向きを示す矢印（方位角 $\varphi_i$ 、 $\varphi_j$ ）を描き、この2つの矢印から法線を引いたときの交点を求める。そして、この交点からいざれかの位置までの距離を求めると、道路を生成する円の曲率Rが求まるものである。

【0074】しかし、前述の数1は単に2点間の位置i、jとから2点間を結ぶ距離Lを求め、この距離Lと方位角 $\varphi_i$ 、 $\varphi_j$ とだけで曲率半径Rを求めている。従って、早く曲率半径Rが得られると共に、非常に正確な曲率半径を得ることができる。

【0075】次に、曲率半径Rが求まると、この曲率半径Rを表示器31に表示又は記録手段32を用いて蓄積して（S11）、本処理を終了する。

【0076】すなわち、この蓄積データを後日解析することによって、どのように湾曲している道路かを線で示すことが可能となる。

【0077】また、道路というのは、曲がっているだけではなく、坂道や下り坂がある。このため、データ処理部4の勾配計算手段34は、車両傾斜手段33からの車両の前後左右の傾斜角度と、複合慣性測量部4からの姿勢角（ピッチ角、ロール角とからなる）を入力して、道路の縦勾配及び横勾配を求める。

【0078】例えば、図5の（a）に示すように、計測車両7が登り坂を走行している場合は、複合慣性測量部3の姿勢計算手段29からのピッチ角 $\theta_p$ 1と、データ処理部4の車両傾斜計算手段33の傾斜角 $\theta_p$ 2とが入力する毎に、両方の角度を加算し、この加算値 $\theta_p$ を走行している道路の縦断勾配として求める。

【0079】すなわち、計測車両7と道路との間の車体の前後の傾斜角を考慮して道路の縦断勾配を求めているので、非常に精度が高い縦断勾配が得られる。

【0080】また、図5の（b）に示すように、計測車両7が例えば湾曲している道路を走行している場合は、複合慣性測量部3の姿勢計算手段29からのロール角 $\theta_q$ 1と、データ処理部4の車両傾斜計算手段33の傾斜角 $\theta_q$ 2とが入力する毎に加算し、この加算値 $\theta_q$ を走行している道路の横断勾配として求める。

【0081】すなわち、計測車両7と道路との間の車体

の前後左右の傾斜角を考慮して道路の横断勾配を求めているので、非常に精度が高い横断勾配が得られる。

【0082】従って、どのような環境下においても、正確な道路の曲率半径及び正確な縦横勾配をリアルタイムで得ることができる。

【0083】なお、上記実施の形態では、道路の曲率、縦横勾配としたが線路の曲率及び縦横勾配を求めてよい。

## 【0084】

10 【発明の効果】以上のように請求項1によれば、トラバース測量のように、測定場所に器械を持ち持ち運ばなくとも、移動車両を走行させるだけで、曲がっている道路の曲率半径を自動的に得ることができるという効果が得られている。

【0085】請求項2によれば、トンネル、高層建築物が多い都市部等を走行していても道路の曲率半径を自動的に得られるという効果が得られている。

【0086】請求項3によれば、トンネル、高層建築物が多い都市部等を走行していても道路の曲率半径、道路の縦横の勾配を自動的に知ることが可能となる。

【0087】請求項4によれば、どのような環境下においても、正確な道路の曲率半径及び正確な縦横勾配をリアルタイムで得ることが可能となる。

【0088】請求項5によれば、慣性位置、縦横勾配を記憶したので、曲がり具合及び勾配に応じた道路の線形情報が得られるという効果が得られている。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本実施の形態の道路線形自動測量装置の概略構成図である。

30 【図2】道路線形自動測量装置の各部の詳細構成図である。

【図3】曲率半径計算手段の動作を説明するフローチャートである。

【図4】曲率半径の算出を説明する説明図である。

【図5】勾配計算手段の勾配を求め方を説明する説明図である。

## 【符号の説明】

2 GPS移動局

3 複合慣性測量部

40 4 データ処理部

5 車速計

6 レーザ距離計

7 計測車両

10 GPS基準局

13 自動車電話機

20 慣性航法部

21 カルマンフィルタ

22 加速度計

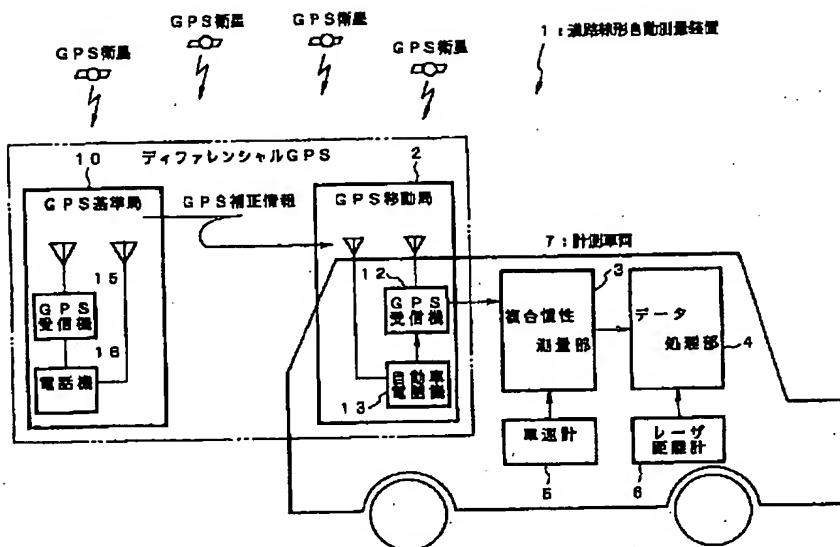
23 加速度データ処理手段

24 加速度座標変換手段

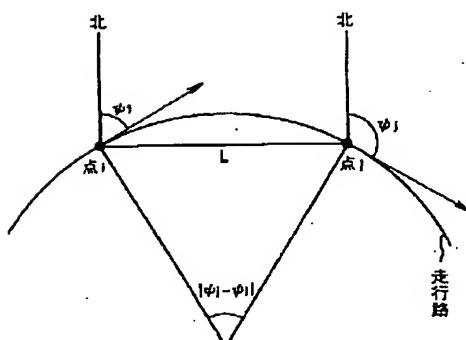
25 航法計測手段  
27 ジャイロ

28 角速度データ処理手段  
29 姿勢計算手段

【図1】



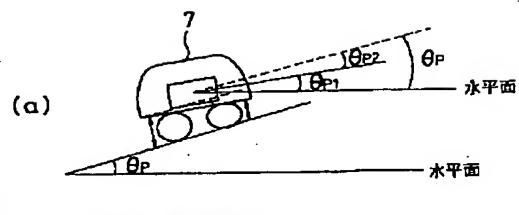
【図4】



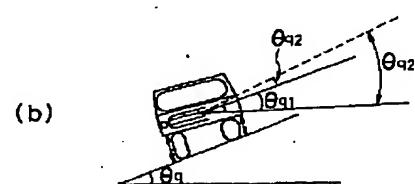
$$R = \frac{L}{2 \sin \frac{|\psi_1 - \psi_2|}{2}} \quad (a)$$

ただし、  
 $R$  : 求めたい曲率半径  
 $\psi_1$  : 点1における方位角  
 $\psi_2$  : 点2における方位角  
 $L$  : 点1と点2の距離

【図5】

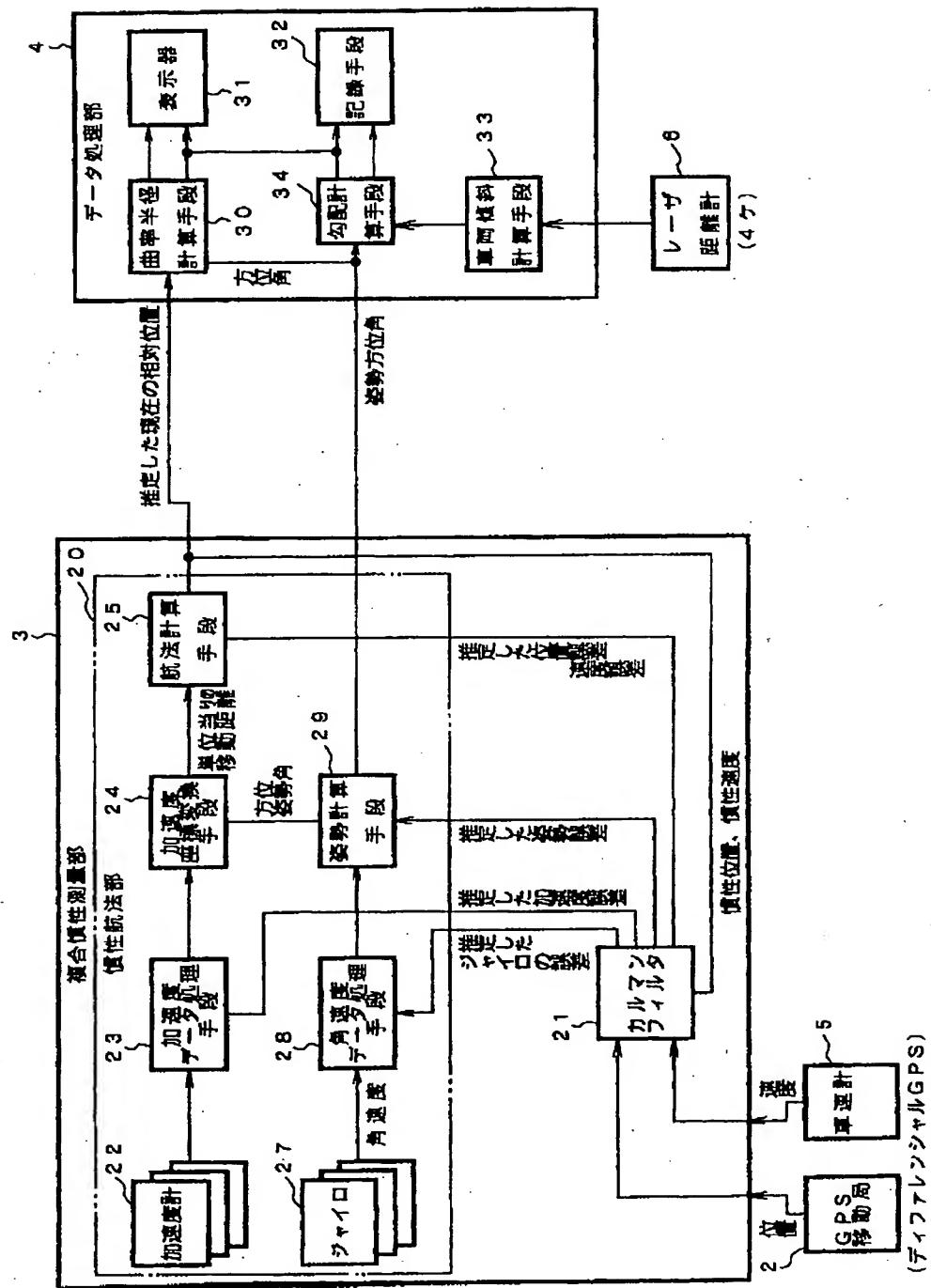


$\theta_P$  : 求めたい道路の傾斜角  
 $\theta_{P1}$  : 複合慣性測量部から出力されるピッチ角  
 $\theta_{P2}$  : 車両の前後に取り付けたレーザ距離計から得られる傾斜角



$\theta_{q1}$  : 求めたい道路の傾斜角  
 $\theta_{q2}$  : 複合慣性測量部からのロール角  
 $\theta_{q3}$  : 傾斜角

【図2】



【図3】

